NOMBREUSES EXPÉRIENCES NOUVELLES CONFIRMANT LA THÉORIE DE LA...

L. F. G. : de Cazaux





NOMBREUSES

EXPÉRIENCES NOUVELLES

CONFIRMANT LA

THÉORIE DE LA POUDRE

EXPOSÉE PAR

L. F. G. DE CAZAUX,

COLONEL AU CORPS ROYAL DE L'ARTILLERIE.

L'expérience est la démonstration des démonstrations.

La Chancelier BACON.



TOULON

Imprimerie d'HIP. DUPLESSIS OLLIVAULT, rue de la Miséricorde, 6.

1837.

NOMBREUSES

EXPÉRIENCES NOUVELLES

CONFIRMANT LA

THÉORIE DE LA POUDRE.

---

§ 1.

RÉSUMÉ TRÈS-SUCCINCT DE LA THÉORIE DE LA POUDRE EXPOSÉE DANS LE MÉMOIRE INTITULÉ :

Théorie et Calcul des Effets de la Poudre dans les mines et dans les canons. *

1. Si deux corps élastiques de même masse viennent à la rencontre l'un de l'autre avec une égale vitesse, après le choc ils s'éloignent avec la même force qui les animait au moment où ils se sont rencontrés; et si, à l'instant où ils se choquent, un corps en repos pouvait être placé derrière et contre chacun de ces corps en collision, le choc des deux corps

* Ce Mémoire, imprimé à Metz en 1835, est seulement rendu public en ce moment. Nous venons d'y remarquer encore les fautes suivantes, qui sont d'ailleurs sans importance, de même que celles dont la correction y a déjà été indiquée par un ERRATA : *page* 9, 14[e] *ligne*: entre lesquels, *lisez* entre lesquelles; *page* 13, 5[e] *ligne* : *après les mots* est transmise, *ajoutez* par la réaction; *page* 24, 12[e] *ligne* : on peut regarder ce temps nul, *lisez* on peut regarder ce temps comme nul; *page* 63, 23[e] *ligne : après les mots* est la première qui, *au lieu de la virgule il faut la parenthèse* (; *et*, 30[e] *ligne de la même page, après les mots* cercle du sabot, *il faut, au lieu de la virgule, la parenthèse*).

étant opéré, chacun des corps en repos passerait à l'état de mouvement avec toute la force de réaction dont, après le choc, serait animé le corps élastique contigu.

2. Que si, au moment où les deux corps élastiques allant à la rencontre l'un de l'autre s'atteignent, il y avait, derrière et contre chacun d'eux, un deuxième corps élastique de même masse, de même vitesse et de même direction, les deux corps opposés en repos, supposés placés derrière et contre les nouveaux corps élastiques, recevraient chacun, par la réaction après le choc, la quantité de mouvement, non plus d'un, mais de deux corps élastiques.

3. Si l'on supposait de part et d'autre un troisième corps élastique à la suite des précédents, et ayant même masse, même vitesse et même direction qu'eux, la quantité de mouvement que recevrait par la réaction le corps extrême en repos, placé de part et d'autre contre le dernier corps en mouvement, serait celle, non plus d'un, non plus de deux, mais de trois corps élastiques; et ainsi de suite, en quelque nombre qu'on suppose les corps élastiques en collision.

4. Ainsi donc, dans le choc des corps élastiques, la force ne s'anéantit pas : elle réagit tout entière après les collisions, et est susceptible de se transmettre aux corps en repos qui font obstacle à la réaction.

5. Or chaque grain de poudre, en se changeant en gaz au foyer de la charge, devient corps éminemment élastique; et puisqu'il y a des interstices ou petits vides entre les grains, il y a nécessairement, dans ces interstices, choc des corps éminem-

ment élastiques en lesquels se changent les grains; et par conséquent, il doit y avoir, ce nous semble, réaction de toute la force dont les grains sont animés, contre la surface entourant la charge.

6. Plus cette surface est petite, à égalité de charge, plus l'intensité de la force réagissante doit être grande sur l'unité de surface, puisqu'elle se répartit sur une d'autant moindre étendue.

7. L'intensité de la force de réaction sur l'unité de surface, doit donc croître en raison directe de la charge, et inverse de la surface. En un mot, la charge divisée par la surface qui la contient, doit être l'expression de l'intensité de l'action impulsive de la charge contre l'unité de cette surface, comme nous l'avons dès 1818 annoncé.

8. Telle doit nécessairement être, suivant nous, la théorie de la première action de la poudre dans les canons, tant que la conversion de la charge en gaz s'opère, nous ne disons pas instantanément (pour prévenir une vaine dispute de mots), mais avant le déplacement sensible du boulet; car, vu l'inertie de ce dernier, il lui faut un temps pour se déplacer sensiblement, comme il en faut un à la charge pour se convertir sensiblement tout entière en gaz : or, tant que ce dernier temps ne l'emporte pas notablement sur le premier, la théorie précédente doit être applicable.

9. Cette première action de la poudre dans les canons, n'avait point encore été admise, que nous sachions; en sorte qu'on supposait toujours, dans toutes les théories, que le boulet partait de son emplacement, animé seulement d'une vitesse infiniment petite, due

à la pression du gaz de la poudre tendant à occuper plus de place dans l'âme du canon ; tandis qu'il nous semble démontré, qu'au moment de la conversion des grains en gaz à l'emplacement de la charge, il y a choc de leur matière élastique dans les interstices ou petits espaces vides qui les séparent, et que toute la force de ce choc réagit contre la surface de la capacité recélant la charge, avant que l'action de pression du gaz commence.

10. L'action de pression du gaz commence aussitôt après la première action de la poudre ; de telle sorte, que la vitesse du boulet due à cette première action, en est graduellement accrue jusqu'à la bouche du canon.

11. Mais selon quelle loi l'accélération de la vitesse du boulet dans le canon s'opère-t-elle ?

Le voici, à ce que nous croyons :

La force accélératrice doit décroître, comme l'a avancé Lombard, en raison inverse des carrés des espaces successivement occupés par le gaz en arrière du boulet dans l'âme du canon.

Pourquoi ? Lombard ne l'a pas expliqué, mais il l'a certainement sous-entendu. Par la raison péremptoire, selon nous, que les deux éléments de la force de tout gaz sont, d'une part le calorique, et de l'autre la matière qu'il tient en dissolution et tend à disperser. Or, lorsque le gaz de la poudre, aussitôt après sa première action, n'occupe encore que l'emplacement de la charge, il est au maximum de force ou de tension dans l'âme du canon ; mais dès qu'il vient à occuper en arrière du boulet un espace double, par exemple, de celui qu'il occupait au foyer de la charge, nécessairement il n'y a plus dans l'unité d'espace, que moitié

moins de matière, et moitié moins de calorique ou force tendant à la disperser, qu'il n'y en avait primitivement au foyer de la charge, lorsque la matière et le calorique se trouvaient resserrés dans un espace moitié moindre. La matière étant moindre de moitié, et le calorique ou force qui tend à la disperser étant aussi moindre de moitié dans l'espace double, l'action du gaz sur le boulet et sur les parois de l'âme en arrière doit, de toute nécessité, se trouver réduite au quart de ce qu'elle était au foyer de la charge.

De même, dès que l'espace occupé par le gaz en arrière du boulet dans l'âme du canon, devient triple de ce qu'il était au foyer, le calorique devenant trois fois plus rare et la matière aussi trois fois plus rare dans l'unité d'espace, l'action du gaz doit se trouver, par chacune de ces causes, trois fois moindre, et par conséquent neuf fois moindre par les deux causes combinées, qu'elle n'était primitivement au foyer de la charge; et ainsi de suite.

C'est-à-dire, en un mot, que la force accélératrice du gaz, qui agit sur le boulet fuyant dans l'âme du canon, décroît comme les carrés des espaces en arrière du boulet croissent.

12. Soumises au calcul, les données précédentes conduisent par l'intégration à cette formule

$$V=\sqrt{X\left(\frac{c}{D+2l}\right)^2+Y\,l\,(A-l)}$$

dans laquelle V désigne la vitesse du boulet à la bouche du canon, A la longueur et D le diamètre de l'âme, c le poids et l la longueur de la charge, X et Y étant d'ailleurs des coefficients à déterminer par l'expérience dans chaque canon et pour chaque nature de poudre.

13. La perte de force par la lumière du canon et par le vent du boulet, de même que celle par le refroidissement du gaz, est relativement plus grande pour les faibles que pour les fortes charges; mais la diversité d'influence doit être très-minime, ce nous semble, et ne devenir sensible que pour des charges extrêmement petites : c'est pourquoi l'on a cru pouvoir en faire abstraction dans la formule.

14. La quantité d'air contenu dans l'âme en avant du boulet, est aussi relativement plus considérable pour les petites que pour les grandes charges; mais si l'on considère que le poids de l'air * contenu dans l'âme entière du canon de 24, par exemple, n'est, sous la pression atmosphérique ordinaire, que de 0^k, 073 ou la 164e partie du poids du boulet, et que l'espace occupé par la plus grande charge employée (moitié poids du boulet), ne réduit pas de 0^k, 008 cette masse d'air, on voit à quel point il est superflu d'avoir égard à cette influence dans le calcul; puisque la différence de moins de 0^k, 008, supérieure à la plus grande variation de poids que puisse éprouver la masse d'air à chasser par suite de la variation de charge, n'est pas la 1500e partie du poids du boulet.

15. Quant à la pression atmosphérique, si pour les petites charges le boulet a à la vaincre dans une plus grande étendue d'âme, par compensation la résistance que l'air oppose au mouvement augmente avec les charges; en sorte qu'on doit pouvoir encore ici, sans

* D'après MM. Arago et Biot, le poids de l'air, sous la pression ordinaire et à zéro température, est la 770e partie de celui de l'eau, à volume égal.

erreur notable, faire abstraction de cette influence, pour n'avoir finalement égard qu'aux deux actions de la poudre sur le boulet, qu'exprime la formule.

16. Il est évident d'ailleurs, que du moment où la charge commence notablement à ne plus se convertir tout entière en gaz avant le déplacement sensible du boulet; c'est-à-dire, que du moment où il faut sensiblement moins de temps pour vaincre l'inertie du boulet, qu'il n'en faut à la charge pour être sensiblement convertie tout entière en gaz dans la place qu'elle occupe, la formule doit cesser de plus en plus d'être applicable, et les vitesses expérimentales devenir de plus en plus inférieures à celles de la formule, puisque dès-lors une partie toujours plus grande de la charge cesse de pouvoir déployer sa force dans la première action de la poudre.

17. Telle est, en résumé, la théorie de la poudre que nous avons exposée dans un Mémoire remis à M. le lieutenant-général baron Berge, à l'Inspection générale de 1831, Mémoire que nous avons fait imprimer avec quelques améliorations en 1835, et que nous nous décidons maintenant à rendre public, vu qu'il se trouve, comme on va le voir, corroboré par les nombreuses expériences nouvelles consignées dans l'*Aide-Mémoire à l'usage des officiers d'artillerie*, publié sous les auspices du Comité de cette arme. Si nous avions eu connaissance de ces expériences, qui remontent à 1833, nous nous serions empressé d'en faire usage dans notre Mémoire, et ce travail, livré à l'impression un à deux ans plus tôt, aurait été publié il y a trois à quatre ans, au lieu de ne l'être qu'à présent.

---

§ 2.

APPLICATION DE LA THÉORIE DE LA POUDRE AUX CANONS DE 24, DE 16 ET DE 12 LONG.

18. L'*Aide-Mémoire* publié en 1836, rapporte les vitesses expérimentales du boulet correspondantes à une suite très-complète de charges, pour les canons de 24, de 16 et de 12 long. Les longueurs des charges qui ont communiqué les vitesses, n'étant point indiquées, nous les supposerons telles qu'elles sont données numéros 100, 101 et 102 de notre Mémoire, d'après les expériences d'Esquerdes de 1835.

19. Dans le canon de 24 on a, $A = 3^m,086$, $D = 0^m,153$; de plus, d'après les expériences rapportées dans l'*Aide-Mémoire*, la charge de $2^k,04$, longue de $0^m,113$, imprime au boulet la vitesse de 403 mètres, et la charge de $3^k,00$, longue de $0^m,166$, celle de 477 mètres.

La substitution de ces nombres dans la formule, donne $X = 2033$, et $Y = 308525$.

Dans le même canon, la charge de $0^k,54$, longue de $0^m,030$, imprime au boulet la vitesse de 195 mètres, et la charge de $1^k,20$, longue de $0^m,066$, la vitesse de 306 mètres, aussi d'après l'*Aide-Mémoire* : avec ces nouvelles données, on trouve $X = 3011$, et $Y = 202545$.

Enfin, la charge de $0^k,18$, longue de $0^m,010$, et la charge de $1^k,20$, longue de $0^m,066$, qui, d'après l'*Aide-Mémoire*, communiquent au boulet les vitesses

respectives de 99 mètres et 306 mètres, conduisent à cet autre résultat : $X = 2859$, et $Y = 216096$.

Prenant la moyenne entre ces trois diverses valeurs, on a $X = 2634$, et $Y = 242389$; d'où résultent, pour le premier terme sous le radical dans la valeur de V, le carré de la fraction ayant pour numérateur $25,7\,c$ et pour dénominateur $0,076 + l$, et pour le second terme la quantité $242389\,l\,(3,086 - l)$; ou, pour simplifier les calculs (ce qui modifiera à peine les résultats), le carré de la fraction ayant pour numérateur $26\,c$ et pour dénominateur $0,076 + l$, pour le premier terme, et $240000\,l\;(3,086 - l)$ pour le second terme, c'est-à-dire l'équation

$$V = \sqrt{\left(\frac{26\,c}{0,076 + l}\right)^2 + 240000\,l\,(3,086 - l)} \quad \ldots (\mathrm{I})$$

En agissant d'une manière analogue pour le canon de 16 (dans lequel $A = 2^{m},978$ et $D = 0^{m},134$), et pour le canon de 12 long (dans lequel $A = 2^{m},815$ et $D = 0^{m},121$), nous sommes parvenu à ces équations :

$$V = \sqrt{\left(\frac{32\,c}{0,067 + l}\right)^2 + 270000\,l\,(2,978 - l)} \quad \ldots (\mathrm{II})$$

dans le canon de 16, et

$$V = \sqrt{\left(\frac{45\,c}{0,060 + l}\right)^2 + 250000\,l\,(2,815 - l)} \quad \ldots (\mathrm{III})$$

dans le canon de 12 long.

Les 3[e], 4[e] et 5[e] colonnes des tableaux suivants ont été aisément remplies au moyen de ces équations.

Canon de 24 (*Équation* I).

CHARGES.		VITESSE due à la		VITESSE totale d'après		différence.	*Observations.*
Poids.	longueur	1.re action de la poodre.	2.e action de la poudre.	la théorie.	l'expérience. a	b	
k	m	m	m	m	m	m	
0,06	0,003	20	31	51	49	2*	* La loogueur de cette charge est o m oo33, ce qui donnerait $V = 53$ m, et 4 m au lieu de 2 m de différence.
0,12	0,007	38	43	81	76	5	
0,18	0,010	54	47	101	99	2	
0,24	0,013	70	50	120	118	2	
0,30	0,017	84	56	140	139	1	
0,36	0,020	97	58	155	154	1	
0,42	0,023	110	60	170	168	2	—
0,48	0,027	121	64	185	181	4	
0,54	0,030	132	67	199	195	4	a *Aide-Mémoire à l'usage des officiers d'artillerie.* Paris 1836, p. 326.
0,60	0,033	143	68	211	207	4	
0,72	0,040	161	74	235	229	6	
0,84	0,046	179	77	256	249	7	—
0,96	0,053	193	82	275	270	5	
1,08	0,060	206	87	293	288	5	b Les nombres non précédés du signe *moins* sont censés l'être du signe *plus*, caractère qoi a manqué.
1,20	0,066	220	92	312	306	6	
1,32	0,073	230	95	325	322	3	
1,44	0,080	240	100	340	337	3	
1,56	0,086	250	103	353	352	1	
1,68	0,093	258	107	365	364	1	
1,80	0,100	266	111	377	378	-1	
1,92	0,106	274	114	388	391	-3	
2,04	0,113	281	118	399	403	-4	
2,16	0,120	287	123	410	414	-4	
2,28	0,126	293	126	419	424	-5	
2,40	0,133	299	130	429	435	-6	
2,52	0,139	305	132	437	444	-7	
2,64	0,146	309	137	446	454	-8	
2,88	0,159	319	143	462	468	-6	
3,00	0,166	322	147	469	477	-8	
3,24	0,179	330	154	484	492	-8	
3,48	0,193	336	161	497	502	-5	
3,72	0,206	343	166	509	510	-1	
3,96	0,219	349	173	522	517	5	
4,20	0,332	355	179	534	525	9	
4,44	0.245	359	186	545	529	16	
4,80	0,266	365	195	560	535	25	
5,16	0,286	371	203	574	541	33	
5,52	0,305	377	211	588	546	42	
6,00	0,333	381	221	602	548	54	

Canon de 16 (*Équation* II).

CHARGES.		VITESSE due à la		VITESSE totale d'après		diffé-rence.	Observations.
Poids.	longueur	1re action de la poudre.	2e action de la poudre.	la théorie.	l'expé-rience. a	b	
k.	m.	m.	m.	m.	m.		
0,04	0,003	18	34	52	45	7	
0,08	0,006	36	42	78	70	8	
0,12	0,009	51	48	99	96	3	
0,16	0,012	65	53	118	112	6	
0,20	0,015	78	56	134	132	2	
0,24	0,018	90	60*	150	148	2	
0,28	0,020	103	60	163	162	1	
0,32	0,023	114	63	177	175	2	
0,36	0,026	124	66	190	189	1	
0,40	0,029	133	68	201	202	-1	
0,48	0,035	151	74	225	226	-1	
0,56	0,041	166	79	245	247	-2	
0,64	0,047	180	84	264	265	-1	
0,72	0,053	192	89	281	280	1	
0,80	0,058	205	91	296	297	-1	
0,88	0,064	215	96	311	310	1	
0,96	0,070	224	100	324	324	0	
1,04	0,076	233	104	337	336	1	
1,12	0,082	241	109	350	348	2	
1,20	0,088	248	113	361	358	3	
1,28	0,093	256	115	371	369	2	
1,36	0,099	262	120	382	378	4	
1,44	0,105	268	123	391	388	3	
1,52	0,111	274	127	401	399	2	
1,60	0,117	278	131	409	406	3	
1,68	0,123	283	135	418	415	3	
1,76	0,128	289	138	427	424	3	
1,92	0,140	297	145	442	439	3	
2,00	0,146	300	149	449	447	2	
2,16	0,158	307	156	463	459	4	
2,32	0,169	315	162	477	471	6	
2,48	0,181	320	169	489	483	6	
2,64	0,193	325	176	501	492	9	
2,80	0,204	331	181	512	501	11	
2,96	0,216	335	187	522	510	12	
3,20	0,234	340	198	538	522	16	
3,44	0,251	346	206	552	531	21	
3,68	0,269	350	215	565	538	27	
4,00	0,292	357	226	583	544	39	

a *Aide-Mémoire à l'usage des officiers d'artillerie.* Paris 1836, p. 326.

—

* La charge 0 k, 24 a pour long. 0 m, 01752 : ce nombre, ou simplement le nombre 0 m, 0175, mis dans la formule au lieu du nombre rond 0 m, 018, donne pour la première action 91 m, pour la 2e action 58 m, et pour la vitesse totale 149 m, au lieu des nombres respectifs 90 m, 60 m et 150 m.

—

b Les nombres non précédés du signe *moins* sont censés l'être du signe *plus*, caractère qui a manqué.

CANON DE 12 LONG (*Équation* III).

CHARGES.		VITESSE due à la		VITESSE totale d'après		diffé-rence.	*Observations.*
Poids.	longueur	1e action de la poudre.	2e action de la poudre.	la théorie.	l'expé-rience. *a*	*b*	
k	m.	m.	m.	m.	m.	m.	
0,03	0,003	21	29	50	43	7	*a* *Aide-Mémoire à l'usage des officiers d'artillerie.* Paris 1836, p. 326
0,06	0,005	42	31	73	67	6	
0,09	0,008	60	36	96	88	8	
0,12	0,011	76	40	116	109	7	
0,15	0,013	92	41	133	127	6	
0,18	0,016	107	43	150	147	3	—
0,21	0,018	121	44	165	165	0	
0,24	0,021	133	47	180	180	0	
0,27	0,024	144	50	194	193	1	
0,30	0,026	157	50*	207	207	0	* Observation analogue à celle du tableau précédent.
0,36	0,032	176	55	231	231	0	
0,42	0,037	195	57	252	253	-1	
0,48	0,042	212	60	272	274	-2	—
0,54	0,047	227	63	290	294	-4	
0,60	0,053	239	67	306	309	-3	
0,66	0,058	252	70	322	324	-2	*b* Les nombres non précédés du signe *moins* sont censés l'être du signe *plus*, caractère qui a manqué.
0,72	0,063	263	72	335	339	-4	
0,78	0,068	274	75	349	354	-5	
0,84	0,074	282	79	361	366	-5	
0,90	0,079	291	81	372	378	-6	
0,96	0,084	300	84	384	387	-3	
1,02	0,089	308	86	394	397	-3	
1,08	0,095	313	90	403	405	-2	
1,14	0,100	320	93	413	414	-1	
1,20	0 105	327	95	422	421	1	
1,26	0,110	334	97	431	430	1	
1,32	0,116	337	101	438	438	0	
1,44	0,126	348	106	454	451	3	
1,50	0,131	353	108	461	457	4	
1,62	0,142	361	114	475	466	9	
1,74	0,153	368	119	487	477	10	
1,86	0,163	375	124	499	484	15	
1,98	0,174	381	129	510	490	20	
2,10	0,184	387	133	520	496	24	
2,22	0,195	392	138	530	502	28	
2,40	0,210	400	145	545	511	34	
2,58	0,226	406	152	558	517	41	
2,76	0,242	411	159	570	522	48	
3,00	0,263	418	172	590	528	62	

20. Si l'on considère dans chaque tableau, quelle fraction de la vitesse expérimentale se trouve être, pour chaque charge successive, le nombre porté dans l'avant-dernière colonne du tableau, on arrive à ces conclusions :

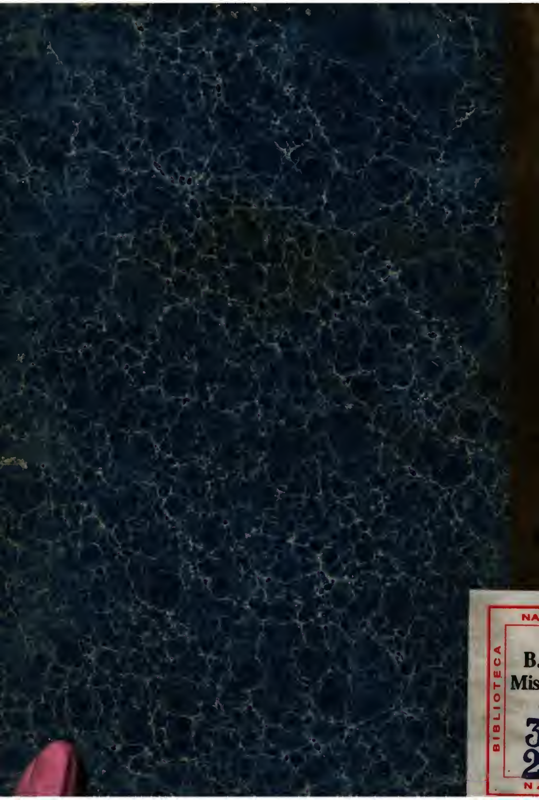
1° Pour les charges très-petites, une notable partie de la force se perd par la lumière et le vent du boulet ;

2° Dès, ou peu après la charge au tiers du poids du boulet, ce qui est prévu n° 47 de notre Mémoire et n° 16 de cet Opuscule, se manifeste sensiblement; en sorte que la charge cesse dès-lors de plus en plus d'agir sur le boulet avec toute sa force, parce qu'elle cesse de plus en plus de pouvoir se convertir sensiblement tout entière en gaz avant le déplacement de ce projectile ;

3° L'accord de la formule avec l'expérience est d'ailleurs satisfaisant.

FIN.

Toulon. — Imprimerie d'Hip. Duplessis Ollivault.


BIBLIOTECA